

Оригинальная статья / Original article
УДК 574.4: 631.585 (474)
DOI: 10.18470/1992-1098-2023-2-33-43

Концентрация и запасы азота в почвах и травяных экосистемах Северо-Западного Прикаспия

Гасан Н. Гасанов^{1,2}, Татьяна А. Асварова¹, Камиль М. Гаджиев¹,
Раджаб З. Усманов¹, Мурат А. Арсланов², Магомед Р. Мусаев²,
Рашид Р. Баширов¹, Кабират Б. Гимбатова¹, Айшат С. Абдулаева¹

¹Прикаспийский институт биологических ресурсов Дагестанского федерального исследовательского центра РАН, Махачкала, Россия

²Дагестанский аграрный университет им. М.М. Джамбулатова, Махачкала, Россия

Контактное лицо

Гасан Н. Гасанов, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, главный научный сотрудник, Прикаспийский институт биологических ресурсов ДФИЦ РАН; 367000 Россия, г. Махачкала, ул. М. Гаджиева, 45.
Тел. +79604214086

Email nikuevich@mail.ru

ORCID <https://orcid.org/0000-0002-6181-5196>

Формат цитирования

Гасанов Г.Н., Асварова Т.А., Гаджиев К.М., Усманов Р.З., Арсланов М.А., Мусаев М.Р., Баширов Р.Р., Гимбатова К.Б., Абдулаева А.С. Концентрация и запасы азота в почвах и травяных экосистемах Северо-Западного Прикаспия // Юг России: экология, развитие. 2023. Т.18, N 2. С. 33-43. DOI: 10.18470/1992-1098-2023-2-33-43

Получена 8 октября 2020 г.

Прошла рецензирование 14 июля 2022 г.

Принята 5 сентября 2022 г.

Резюме

Цель. Определение продуктивности фитоценозов, концентрации и запасов азота в блоках растительных ассоциаций и по типам почв Северо-Западного Прикаспия.

Методы. Комплексные исследования по накоплению органической массы и азота в пяти блоках растительного вещества, шести растительных ассоциациях и трех типах почв по сезонам года с использованием известных методик учета и анализов почв и растений.

Результаты. Выявлены закономерности формирования фитомассы, изменения концентрации и запасов азота в основных типах почв и шести растительных ассоциациях по сезонам 2011–2018 гг.

Выводы. Наиболее продуктивны формирующиеся на светло-каштановой почве эфемероидно-попынно-мятликовые, эфемерово-попынные, злаково-попынные и разнотравно-костровые растительные сообщества суммарной продуктивностью 24, 34 т/га. Максимальная концентрация азота отмечена в злаково-попынной, опынно-солянковой, разнотравно-солянковой и злаково-солянковой ассоциациях: соответственно 1,9; 1,97; 2,2 и 2,57%, что связано с преобладанием в них полыни таврической и Лерха, солянки иберийской. В ассоциациях, где преобладают представители семейств злаковых, крестоцветных и гвоздичных, азот снижается до 1,72–1,74%. Более высоким было его значение на светло-каштановой почве – 1,82% от абсолютно сухой массы, на лугово-каштановой снижалось до 1,75, на солончаке типичном – до 1,38%. В корневой массе растительных ассоциаций показатели были в 3,2 раза меньше, чем в надземной. Запасы азота по блокам растительного вещества образуют следующий убывающий ряд: корни ≥ зеленая масса ≥ ветошь ≥ войлок. В приходной части баланса в ассоциациях на светло-каштановой почве накапливается 171,6 азота, на лугово-каштановой – 63,1, на солончаке типичном автоморфном – 49,1 кг/га, в расходной части – соответственно 171,9; 64,3 и 58,1 кг/га. Баланс азота на первом типе почв складывается с минимальным с дефицитом соответственно 0,6 кг/га, 1,2 и 9 кг/га.

Ключевые слова

Азот общий, азот легкогидролизуемый, запасы азота, почва, заповедный режим, продуктивность, фитоценоз, растительная ассоциация, зеленая масса, ветошь, степной войлок, корни.

Concentration and reserves of nitrogen in soils and plant matter in blocks of grass ecosystems of the North-Western Precaspian region, Russia

Gasán N. Gasánov^{1,2}, Tatyana A. Asvarova¹, Kamil M. Gadzhiev¹,
Rajab Z. Usmanov¹, Murat A. Arslanov², Magomed R. Musaev²,
Rashid R. Bashirov¹, Kabirat B. Gimbatova¹ and Aishat S. Abdulaeva¹

¹Precaspian Institute of Biological Resources, Dagestan Federal Research Centre, Russian Academy of Sciences, Makhachkala, Russia

²M.M. Dzhambulatov Dagestan Agrarian University, Makhachkala, Russia

Principal contact

Gasán N. Gasánov, Doctor of Agricultural Sciences, Professor & Chief Researcher, Precaspian Institute of Biological Resources, Russian Academy of Sciences; 45 M. Gadzhieva St, Makhachkala, Russia 367000.

Tel. +79604214086

Email nikuevich@mail.ru

ORCID <https://orcid.org/0000-0002-6181-5196>

How to cite this article

Gasánov G.N., Asvarova T.A., Gadzhiev K.M., Usmanov R.Z., Arslanov M.A., Musaev M.R., Bashirov R.R., Gimbatova K.B., Abdulaeva A.S. Concentration and reserves of nitrogen in soils and plant matter in blocks of grass ecosystems of the North-Western Precaspian region, Russia. *South of Russia: ecology, development*. 2023, vol. 18, no. 2, pp. 33-43. (In Russian) DOI: 10.18470/1992-1098-2023-2-33-43

Received 8 October 2020

Revised 14 July 2022

Accepted 5 September 2022

Abstract

Aim. Determination of phytocenosis productivity, nitrogen concentration and reserves in blocks of plant associations and by soil types in the North-Western Precaspian region of Russia.

Methods. Comprehensive research on the accumulation of organic matter and nitrogen in five blocks of plant matter, six plant associations and three types of soil by season using well-known methods of accounting and analysis of soils and plants.

Results. The regularities of phytomass formation, changes in nitrogen concentration and reserves in the main soil types and six plant associations for the 2011–2018 seasons were revealed.

Conclusions. Ephemeroid-wormwood-cereal, ephemeroid-wormwood, cereal-wormwood, forb-campfire and mixed-grass-campfire plant communities formed on light chestnut soil are the most productive, with a total productivity of 24.34 t/ha. The maximum nitrogen concentration was observed in the cereal-wormwood, wormwood-saltwort, forb-saltwort and cereal-saltwort associations – 1.9, 1.97, 2.2, and 2.57%, respectively, which is due to the predominance of *Artemisia taurica* Willd., *Artemisia lercheana* Web.ex Stechm. and *Salsola iberica* Sennen&Pau. In associations where there are representatives of the *Poaceae*, *Brassicaceae* and *Caryophyllaceae*, nitrogen decreases to 1.72–1.74%. Its value was higher on light-chestnut soil, being 1.82% of absolutely dry mass, while on meadow-chestnut soil it decreased to 1.75 and on saline soil is typically 1.38%. In the root mass of plant associations, its indicators were 3.2 times less than in the above ground mass. Nitrogen reserves by blocks of plant matter formed the following decreasing series: roots ≥ green mass ≥ rags ≥ felt. In the input part of the balance in plant associations, 171.6 nitrogen accumulates on light-chestnut soil, 63.1 on meadow-chestnut soil, 49.1 kg/ha on automorphic typical saline soil, and 171.9; 64.3 and 58.1 kg/ha in the expenditure part, respectively. the balance of nitrogen in the first type of soil is formed with a minimum deficit of 0.6 kg/ha, 1.2 and 9 kg/ha, respectively.

Key Words

Total nitrogen, nitrogen easily hydrolyzed, nitrogen reserves, soil, conservation regime, productivity, phytocenosis, plant association, green mass, rags, steppe felt, roots.

ВВЕДЕНИЕ

Исследованию продуктивности пастбищных угодий Северо-Западного Прикаспия посвящены работы многих исследователей [1–5]. Отмечалось, что в полупустынных условиях региона урожайность пастбищных угодий держится на уровне 1–3 ц/га воздушно-сухой фитомассы. В работах приводятся результаты исследований по растительным ассоциациям на пастбищах [6–9] и химическому составу фитоценозов [10–14]. Однако в последние десятилетия XX – начале XXI века на рассматриваемой территории отмечалась значительное сокращение пастбищной нагрузки, одновременно улучшились и климатические условия. За влажный период 1981–2010 гг. осадков выпало больше, чем в предшествовавшие 30 лет на 34 мм, среднегодовая температура воздуха повысилась на 2,0°C, относительная влажность воздуха – на 3,4% [15]. Все эти факторы сказывались на продуктивности пастбищ и требовали дополнительных исследований по продуктивности, динамике растительных ассоциаций, их химическому составу. В ранее проведенных исследованиях недостаточно было работ по накоплению растительной массы и химических элементов в растительных ассоциациях, включая и азот, по блокам растительного вещества, увязке этих результатов с типами почв в полупустыне.

Целью наших исследований является определение продуктивности фитоценозов, концентрации и запасов азота в блоках растительных ассоциаций и по типам почв Северо-Западного Прикаспия.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проводились в травяных экосистемах Северо-Западного Прикаспия на территории Кочубейской биосферной станции Прикаспийского института биологических ресурсов Дагестанского федерального исследовательского центра РАН (КБС ПИБР ДФИЦ РАН) на заповедных экспериментальных участках. Географические координаты экспериментальных участков: 44.40880 с.ш. и 46.24771 в.д., и 44.40720 с.ш. и 46.24727 в.д., 44.40713 с.ш. и 46.24722 в.д. Изучали продуктивность фитоценозов на 3-х типах почв – светло-каштановой, лугово-каштановой и солончаке типичном на площадках по 100 м², обнесенных железной сеткой во избежание погрыв фитомассы скотом.

Образцы на определение азота в почвах отбирали три раза в год: весной при возобновлении вегетации растений (апрель) и конце июля – начале августа в период максимального напряжения гидротермических условий для жизнедеятельности растений и в сентябре, когда формировалась эфемерная синюзия. Анализы почв по химическим и водно-физическим показателям, водной вытяжке, содержанию гумуса проводили по известным методикам [16]. Общий азот в почве определяли фотометрическим методом «индофеноловой зелени», гидролизуемый азот – методом Тюрина и Кононовой, содержания азота в растениях с помощью мокрого озоления [17]. Запасы надземного и подземного растительного вещества учитывали по Титлянову [18].

Климатические условия – сумма месячных и годовых осадков, среднемесячные и среднегодовые температуры и влажность воздуха – учитывали по

данным Кочубейской метеостанции. Статистическую обработку результатов проводили в Microsoft Excel 2010. Названия видов растений даны по Муртазалиеву [19].

ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Антропогенные факторы, в первую очередь нерегулируемый выпас скота, привели к смене растительного покрова, уменьшению его проективного покрытия и снижению продуктивности пастбищных угодий Северо-Западного Прикаспия (Терско-Кумской низменности). Вследствие этого усилилась деградация почв: ухудшились ее структурно-агрегатный состав, водно-воздушный режим, снизилось содержание гумуса и питательных элементов [20–22].

Исследуемые нами почвы характеризуются следующими физико-химическими свойствами в слое 0–20 см: светло-каштановая: содержание гумуса – 1,18%, общего азота – 0,08%, N гидролизуемого, P₂O₅ и K₂O (мг/100г) – 4,94; 0,53 и 30,8; плотность – 1,18 г/см³, общая пористость – 55,1%, пористость аэрации – 25,5%; лугово-каштановая соответственно 1,33%; 0,10%; 5,26; 0,84; 33,8; 1,18 г/см³, 52,2%, 22,5%; солончак типичный автоморфный: 1,07%, 0,05% 3,12; 0,41; 28,6; 1,22 г/см³, 1,22 г/см³, 53,6%. Наименьшая влагоемкость в почвенном слое 0–60см составляет соответственно по типам почв 18,8; 25,6 и 22,6%, водопроницаемость – 1,41; 1,25 и 2,35 мм/мин. Тип засоления почв, в зависимости от гидротермических условий сезонов года, меняется от хлоридно-сульфатного до хлоридного, степень засоления – от слабой до очень сильной степени.

Основным источником азота для растений являются запасы его в почве. По данным многолетних исследований Салманова А.Б. [20], Залибекова З.Г. [21], Баламирзоева М.А. [22], Мирзоева Э.М.-Р. [23], Саидова А.К. [24], Гасанова Г.Н. [25], содержание общего и гидролизуемого азота в светло-каштановой почве Терско-Кумской низменности составляет соответственно 0,07–0,17% и 2–5 мг/100 г почвы, в лугово-каштановой – 0,17–0,3% и 3–6 мг/100 г почвы, в солончаках – 0,05–0,19% и 1–3 мг/100 г почвы.

В наших исследованиях больше всего легкогидролизуемого азота во всех типах почв накапливалось в апреле – 4,1 мг/100г почвы в среднем по типам почв. В этот период складываются наиболее благоприятные гидротермические условия: среднемесячная температура воздуха составляет по годам 15–18°C, влажность почвы в слое 0–30 см находится в пределах 65–75% от наименьшей влагоемкости (НВ). Эти условия благоприятны для прохождения процессов нитрификации и накопления гидролизуемого азота в почве (табл. 1).

Увеличение температуры воздуха до 22–26°C, снижение влажности почвы до 46–51% в июле – начале августа способствует снижению активности нитрифицирующих микроорганизмов и, уменьшению этого элемента питания в данном слое почвы до 3,0 мг/100 г, или на 26,8% по сравнению с весенним сроком определения. К концу сентября интенсивность испарения влаги из почвы сокращается в связи со снижением среднесуточных температур воздуха, в динамике накопления подвижного азота наблюдается второй максимум, но содержание его все же уступает апрельскому сроку на 14,6% из-за дефицита тепла.

Таблица 1. Содержание легкорастворимого азота в слое 0–20 см по сезонам года и типам почв Терско-Кумской низменности за 2012–2018 гг., мг/100 г.**Table 1.** Content of easily soluble nitrogen in the 0–20cm layer by seasons and soil types of the Terek-Kuma lowland in 2012–2018, mg/100 g

Тип почвы Soil type	Весна Spring	Лето Summer	Осень Autumn	Среднее Average
Светло-каштановая Light-chestnut	4,5	3,2	3,8	3,8
Лугово-каштановая Meadow-chestnut	4,2	2,9	3,5	3,5
Солончак типичный Typical saline	3,5	2,9	3,2	3,2

Но при всех сроках определения в светло-каштановой почве накапливается, вопреки ожиданию, больше гидролизующего азота по сравнению с лугово-каштановой на 7,0%, с солончаком типичным – на 15,8%. Но в нашем случае последней было характерно сильная степень сульфатно-хлоридного засоления, полное отсутствие эфемеров, изреженный травостой полыни Лерха (*Artemisia lercheana* Web.ex Stechm.) и таврической (*Artemisia taurica* Willd.).

Растительный покров низменности отличается бедностью видового состава (около 35 видов). Доминирующими видами растений были: полынь Лерха, полынь таврическая, мятлик луковичный (*Poa bulbosa* L.), костер растопыренный (*Bromus squarrosus* L.), костер кровельный (*Anisantha tectorum* L. Nevski), житняк пустынный (*Agropyron desertorum* Fisch. ex Lin Schult.), полевица малая (*Eragrostic minor* Host), мортук пшеничный (*Eremopyrom triticeum* (Gaerth) Nevski.), мортук восточный (*Eremopyrom orientale* (L.) (Jaub. et Sprach), бурачок пустынный (*Alyssum desertorum* Stapf.), курай-солянка иберийская (*Salsola iberica*

Sennen&Pau), дурнишник колючий (*Xanthium spinosum* L.), гречишник седой (*Herniaria incana* L.), смолевка коническая (*Silene conica* L.), рогач песчаный (*Ceratocarpus arenarius* L.) [8; 12].

Наибольшее распространение в условиях региона получили эфемероидно-полынно-мятликовые, эфемерово-полынные, злаково-полынные и разнотравно-костровые растительные ассоциации. На светло-каштановой почве на долю первых трех приходится 72,5% от общих запасов фитомассы, на лугово-каштановой – злаково-солянковая, злаково-полынная и полынно-солянковая (27,8–32,0%), на солончаке типичном – разнотравно-кострово-петросимоневые (58,3%) и разнотравно-солянковые (21%) ассоциации.

Основным поставщиком органической массы и питательных элементов в почву является подземная масса растений. Доля ее на светло-каштановой почве составляет 85,9%, на лугово-каштановой – 86,4%, на солончаке типичном – 83,7% от всей накопленной фитоценозами массы (табл. 2).

Таблица 2. Урожайность фитомассы в блоках органической массы по растительным ассоциациям и типам почв Терско-Кумской низменности за 2011–2018 гг., т/га**Table 2.** Phytomass yield in blocks of plant matter by plant associations and soil types of the Terek-Kuma lowland in 2011–2018, t/ha

Растительная ассоциация, тип почвы* Plant association, soil type*	Блок растительного вещества / Plant matter block				Вся надземная фитомасса All above ground phytomass
	зеленая масса green mass	ветошь vetosh	войлок voilok	корни roots	
1	5.41±0.01	5.3±0.01	4.96±0.02	93.74±0.02	15.67
2	2.35±0.01	2.29±0.03	1.88±0.01	42.02±0.04	6.52
3	2.13±0.04	2.05±0.02	1.91±0.01	34.21±0.03	6.09
4	7.8±0.04	7.73±0.04	6.34±0.01	136.0±0.04	21.87
5	3.41±0.02	3.46±0.02	3.05±0.03	62.0±0.02	9.92
6	3.09±0.02	3.21±0.04	3.22±0.02	46.05±0.02	9.52

Примечание: * – 1. Эфемероидно-полынно-злаковая, светло-каштановая. 2. Злаково-полынная, лугово-каштановая. 3. Разнотравно-кострово-петросимониевая, солончак типичный. 4. Злаково-солянковая, светло-каштановая. 5. Полынно-солянковая, лугово-каштановая. 6. Разнотравно-солянковая, солончак типичный
Note: * – 1. Ephemeroid-wormwood-cereal, light-chestnut. 2. Cereal-wormwood, meadow-chestnut. 3. Forb-campfire-petrosimonia, typical saline. 4. Cereal-saltwort, light-chestnut. 5. Wormwood-saltwort, meadow-chestnut. 6. Forb saltwort, typical saline

Химический состав биоценозов Терско-Кумской низменности, в отличие от аналогов других равнинных территорий, имеет повышенное содержание (наряду с кальцием и калием) азота. Нами выявлены различия в его концентрациях в фитомассе доминирующих видов на солончаке типичном автоморфном, где наиболее

высокими показателями характеризовались полынь Лерха, полынь таврическая, солянка грузинская (иберийская), сопоставимыми со значениями в сеянных многолетних травах – люцерной синей Кевсала и пыреем удлинненным (*Medicago sativa* L. и *Elytrigia elongata*) (табл. 3).

Таблица 3. Концентрация и коэффициент биологического поглощения (КБП) азота (надземная часть/почва) в доминирующих представителях фитоценозов на солончаке типичном автоморфном в 2018 г.
Table 3. Concentration and coefficient of biological absorption (KBA) of nitrogen (above ground part/soil) in the dominant representatives of phytocenoses on automorphic typical saline in 2018

Вид растений Plant species	Семейство Family	N, %	КБП KBA
Полынь Лерха <i>Artemisia lercheana</i> Web.ex Stechm.	Сложноцветные <i>Asteraceae</i>	1.37	6.9
Полынь таврическая <i>Artemisia taurica</i>	Сложноцветные <i>Asteraceae</i>	1.30	6.5
Курай-солянка грузинская <i>Salsola iberica</i> Sennen&Pau	Маревые <i>Chenopodiaceae</i>	1.28	6.4
Ячмень заячий <i>Hordeum leporinum</i> Link.	Злаковые <i>Poaceae</i>	0.68	3.4
Мятлик луковичный <i>Poa bulbosa</i> L.	Злаковые <i>Poaceae</i>	0.20	1.0
Костер растопыренный <i>Bromus squarrosus</i> L.	Злаковые <i>Poaceae</i>	0.38	1.9
Бурячок пустынный <i>Alyssum desertorum</i> Stapf	Крестоцветные <i>Brassicaceae</i>	0.32	1.6
Смолевка коническая <i>Silene conica</i> L.	Гвоздичные <i>Caryophyllaceae</i>	0.27	1.4
Люцерна синяя Кевсаля (посев) <i>Medicago sativa</i> L.	Бобовые <i>Fabaceae</i>	1.50	7.5
Пырей удлиненный (посев) <i>Elytrigia elongata</i> (Host) Nevski	Злаковые <i>Poaceae</i>	1.20	6.0

Эти же виды растений имели самые высокие КБП, превышающие аналогичные показатели в растениях из семейства злаковые (*Poaceae*) в 3,1 раза, гвоздичные (*Caryophyllaceae*) – в 1,4, крестоцветные (*Brassicaceae*) – в 4,7 раза. Существенные различия по концентрации азота отмечено и в фитомассе растительных ассоциаций. Наименьшие значения получены в разнотравно-кострово-петросимониевой и эфемероидно-полынно-злаковой ассоциациях – 1,72–1,74%, где доминировал мятликовый фитоценоз с минимальными ее значениями – 0,1–0,3%. Достоверно выше она в злаково-полынной, полынно-солянковой, разнотравно-солянковой и злаково-солянковой ассоциациях: соответственно 1,9; 1,97; 2,2 и 2,57%. Высокая концентрация азота в этих ассоциациях связана с преобладанием в них видов полыни таврической и Лерха, солянки грузинской, в которых ее значения в 5–8 раз выше, чем в фитоценозах, где преобладают представители семейства злаковых, крестоцветных и гвоздичных (табл. 4). Так, в надземной фитомассе светло-каштановой почвы концентрация его в бобовых растениях составила 1,80%, в разнотравье (полыни таврическая и Лерха) – соответственно 1,30 и 1,37%, в солянках (курай) – 1,28%, а в растениях из семейства мятликовых значительно меньше – 0,9%.

В наших исследованиях концентрация азота имеет высокие показатели: на светло-каштановой почве – 1,82% от абсолютно сухой массы, на лугово-каштановой, она снижалась до 1,75, на солончаке типичном – до 1,38%. Показатели ее в корневой массе растительных ассоциаций в 3,2 раза меньше, чем в надземной. Но и в данном случае значение азота в светло-каштановой почве выше, чем в лугово-каштановой на 14,8%, по сравнению с солончаком типичным на 15,3%.

Запасы азота в корневой массе в среднем по растительным ассоциациям и типам почв составляют 85,3% от суммарной их величины, в том числе на светло-каштановой почве 154,3 кг/га, на лугово-каштановой и солончаке типичном – меньше соответственно на 27,0 и 39,3%. В зеленой и мертвой массе растительных остатков (ветошь и войлок) в условиях Терско-Кумской низменности примерно одинаковы. По блокам растительного вещества запасы азота образуют следующий убывающий ряд: корни \geq зеленая масса \geq ветошь \geq войлок.

Таким образом, тип почвы и функционирующие на нем растительные ассоциации играют существенную роль в накоплении запасов азота в надземной и подземной частях фитоценозов.

Известно, что некоторое количество азота поступает в почву из атмосферы с осадками. В зимний период таким путем поступает 0.065 ± 0.05 г/м² – 0.062 г/м² [26]. По данным М.А. Бобрицкой [27] количество водно-растворимого азота, попадающего с осадками из атмосферы на поверхность почвы за год, составляет 0.30 – 0.45 г/м², в частности, в районе Ростова-на-Дону – 0.406 – 0.416 г/м², или 0.034 г/м² в среднем в месяц. Эти значения незначительно отличаются от данных других авторов [28; 29]. С учетом небольшого количества осадков, отсутствия крупных промышленных объектов, поступление азота из атмосферы в почву в рассматриваемом регионе исследований мы приняли в количестве 2 кг/га.

При расчетах количества азота выщелоченных из надземных органов фитоценозов нами приняты данные А.А. Титляновой [30] с учетом незначительного количества атмосферных осадков (годовое количество осадков в среднем составляет до 292 мм) в природных условиях полупустыни. С учетом различий в накоплении

растительного вещества в различных типах почв, выщелачивание азота из надземных органов в светло-каштановую почву нами принято 0,3 кг/га, в лугово-

каштановую – 0,2, в солончак типичный автоморфный – 0,1 кг/га.

Таблица 4. Концентрация и запасы азота в блоках органической массы по растительным ассоциациям и типам почв Терско-Кумской низменности за 2011–2018 гг., кг/га

Table 4. Nitrogen concentration and reserves in plant matter blocks by plant associations and soil types of the Terek-Kuma lowland for 2011–2018, kg/ha

Растительная ассоциация, тип почвы* Plant association, soil type*	Блок растительного вещества Plant matter block				Вся надземная фитомасса All above ground phytomass
	Зеленая масса Green mass	Ветошь Vetosh	Войлок Voilok	Корни Roots	
Концентрация азота, % / Nitrogen concentration, %					
1	1.72±0.12	0.98±0.14	1.17±0.10	1.23±0.19	3.87
2	1.91±0.18	1.76±0.20	1.72±0.12	1.2±0.14	5.39
3	1.74±0.22	1.43±0.15	1.41±0.17	1.11±0.12	4.58
4	2.57±0.13	1.43±0.12	1.7±0.16	2.4±0.19	5.7
5	1.97±0.18	1.8±0.16	1.82±0.18	2.32±0.13	5.59
6	2.21±0.17	1.64±0.14	1.7±0.16	2.66±0.14	5.55
Запасы азота, кг/га / Nitrogen reserves, kg/ha					
1	9.3	5.2	5.8	115.3	20.3
2	4.5	4.03	3.23	51.5	11.76
3	3.7	2.9	2.7	38.0	9.3
4	20	11.0	10.8	235	41.8
5	6.72	6.23	5.55	143.8	18.5
6	6.83	5.26	5.47	122.5	17.56

Примечание: * – 1. Эфемероидно-полынно-злаковая, светло-каштановая. 2. Злаково-полынная, лугово-каштановая.

3. Разнотравно-кострово-петросимониевая, солончак типичный. 4. Злаково-солянковая, светло-каштановая.

5. Полынно-солянковая, лугово-каштановая. 6. Разнотравно-солянковая, солончак типичный

Note: * – 1. *Ephemeroïd-wormwood-cereal, light-chestnut*. 2. *Cereal-wormwood, meadow-chestnut*.

3. *Forb-campfire-petrosimonia, typical saline*. 4. *Cereal-saltwort, light-chestnut*.

5. *Wormwood-saltwort, meadow-chestnut*. 6. *Forb-saltwort, typical saline*

В элементарной форме азот не может усваиваться растениями, за исключением накопленного не симбиотическим и симбиотическим путем [31] Согласно исследованиям Гасанова Г.Н. и др. [32] ведущая бобовая культура в Западном Прикаспии – люцерна – при урожайности 9–10 т/га сена накапливает на 1 га 200–220 кг симбиотического азота. Но доля бобовых культур в урожае фитомассы Терско-Кумской низменности за годы исследований не превышала 5–7%. Поэтому при расчетах баланса этого элемента питания симбиотическая фиксация нами принята 2 кг/га.

Существенная часть азота поступает в почву за счет выделений живых организмов (аммиак, мочевины, мочева кислота), а также с фекалиями животных [33] Так, Кулакова Н.Ю., Абатуров Б.Д. [26] выявили, что в местах скопления экскрементов (у выходов нор зверьков), занимающих около 1% территории, в биоценозы пустынного типа зоогенного азота поступает в 17 раз больше, чем с растительными остатками и достигает 75 г/м². Но в целом поступление зоогенного азота в почву меньше, чем с опадом надземной и подземной частей растений и составляет 1,7 г/м² или 17 кг/га. Такое количество принято нами в приходной части баланса азота на экспериментальном участке.

Помимо выноса надземной и подземной фитомассой, часть азота из почвы теряется при денитрификации. Размеры потерь зависят от гидротермических условий, реакции среды и других

условий: при высоких температурах воздуха и почвы, а также высоких значениях pH, потери его увеличиваются. Так, при pH = 7,0 они равны 0%; 8,6–13%; 9,3–13%, при pH 10,5 – 87% [30]. В нашем случае, с учетом слабощелочной реакции среды (pH светло-каштановой почвы 7,2, лугово-каштановой 7,5, солончака 8,0) и высоких летних температур воздуха – 25–35°C за май – сентябрь и содержания гидролизующего азота соответственно по типам почв 36,5; 41,5 и 30,0 кг/100 г нами приняты потери азота на денитрификацию из светло-каштановой почвы за год 0,6 кг/га, из лугово-каштановой – 1,2, из солончака типичного 9,0 кг/га.

Поступление азота в почву существенно отличается в зависимости от типа почвы особенно по таким статьям, которые связаны с объемами накопления растительной массы (табл. 5).

В светло-каштановую почву при разложении корневой массы фитоценозов азота поступает соответственно в 2,6 и 3,6 раза больше, чем в лугово-каштановую почву и солончак типичный, при разложении степного войлока – в 2,8 и 3,4 раза, зоогенных накоплений – в 1,2 и 1,9 раза. Более высокая продуктивность пастбищных фитоценозов является также причиной поступления в почву большего количества азота от симбиотической фиксации бобовыми травами и выщелачивания его из надземных органов растений. Поэтому суммарное поступление азота в светло-каштановую почву было больше, чем в лугово-каштановую в 2,7 раза, в солончак типичный – в 3,5 раза.

Таблица 5. Поступление в почву и вынос азота естественным фитоценозом в зависимости от типа почвы в Терско-Кумской низменности, 2011–2018 гг., кг/га**Table 5.** Nitrogen input and removal by natural phytocenosis depending on type of soil in the Terek-Kuma lowland, 2011–2018, kg/ha

Показатель Indicator	Тип почвы Soil type		
	Светло-каштановая Light-chestnut	Лугово-каштановая Meadow-chestnut	Солончак типичный Typical saline
Поступило в почву: Received into the soil:			
с атмосферными осадками with atmospheric precipitation	2,0	2,0	2,0
симбиотическая фиксация by symbiotic fixation	2,0	1,5	1,0
зоогенное накопление by zoogenic accumulation	17,0	14,0	9,0
выщелочено из надземных органов leached from above ground organs	0,3	0,2	0,1
при разложении войлока during decomposition of voilok	81,1	28,9	23,9
при разложении подземных органов during decomposition of underground organs	90,5	34,2	25,2
Всего в приходной части Total in consumed part	171,6	63,1	49,1
Вынос с урожаем фитомассы Removal with the harvest of phytomass	171,6	63,1	49,1
Денитрификация Denitrification	0,3	1,2	9,0
Всего в расходной части Total in consumable part	171,9	64,3	58,1
Баланс Balance	-0,3	-1,2	-9,0

Более высоким был и расход азота из почвы из светло-каштановой почвы в связи с высокой урожайностью фитомассы и минимальным расходом на денитрификацию. Этим объясняется минимальный минусовый баланс азота в этом типе почвы, в то время как в лугово-каштановой почве и солончаке типичном он сложился со значительными минусовыми показателями – 1,2 и 9 кг/га соответственно.

В результате комплексных исследований определено содержание общего, а также легкогидролизующего азота в трех основных типах почв по сезонам года; исследовано влияние и взаимовлияние типов почв и шести растительных ассоциаций на накопление органической массы по блокам растительного вещества, концентрацию и запасы его в Северо-Западного Прикаспия. Определены основные приходные и расходные статьи и баланс азота. Ранее такие исследования в рассматриваемом регионе не проводили, имеются только данные по отдельным фрагментам данной проблемы, не увязанным в единый комплекс [26–36].

Ряд в виде различных соединений, но азот не запасается в резерв в живой клетке растений, как другие биофильные элементы (углерод, фосфор, калий, кальций и др.), поэтому растения не могут сразу усвоить большое количество этого элемента и накопить его в запас. В степной зоне злаковые травы накапливают незначительное количество азота в биологической форме: в надземной массе – 22, а в корнях – 18 кг/га [34].

В наших исследованиях в условиях полупустыни в надземной массе в зависимости от растительных

ассоциаций накапливалось разное количество азота: от 9,3 кг/га в полынно-солянково-злаковой ассоциации на солончаке типичном автоморфном, до 41,8 кг/га в злаково-полынной ассоциации на светло-каштановой почве. Не согласуются наши данные с приведенными выше показателями и по запасам азота в корнях растений. Они колеблются в зависимости от указанных нами факторов от 51,5 до 235 кг/га, то есть, размах колебаний очень большой и, главное, масса их выше указанных автором данных в 1,9–13,0 раз. Сказанное относится и к имеющимся сведениям о том, что в засоленных частях степных растений Северного Прикаспия содержание азота было выше, чем в лесном опаде: 17,9 и 14,1 г/кг почвы соответственно [11; 34].

В этой связи надо отметить, что приведение обобщенных данных о запасах в надземной и подземной массе безотносительно к типу почвы, растительным ассоциациям может привести к недостаточно обоснованным выводам. Что касается более высоких значений массы корней в наших исследованиях, то это объясняется гидротермическими условиями зоны проведения исследований: в полупустынных ландшафтах соотношение корневой массы к надземной всегда выше, чем в более увлажненных регионах [37].

Выводы

1. Наибольшее содержание легкогидролизующего азота во всех типах почв Северо-Западного Прикаспия наблюдается в апреле – 4,1 мг/100г в слое почвы 0–30 см в среднем по типам почв, когда складываются наиболее благоприятные гидротермические условия

для прохождения процессов нитрификации. Увеличение температуры воздуха до 22–26°C, снижение влажности почвы до 46–51% в июле – начале августа способствует снижению активности нитрифицирующих микроорганизмов и уменьшению этого элемента питания на 26,8% по сравнению с весенним сроком. В сентябре в его динамике наблюдается второй максимум, но содержание его все же уступает апрельскому сроку на 14,6%.

2. При всех сроках определения в среднесоленной светло-каштановой почве накапливается больше гидролизующего азота по сравнению с лугово-каштаной сильнозасоленной почвой на 7,0%, с солончаком типичным – на 15,8%.

3. Наиболее продуктивными в условиях Северо-Западного Прикаспия являются эфемероидно-лерхополюнно-мятликовые, эфемерово-полюнные, злаково-полюнные и разнотравно-костровые растительные сообщества. Согласно нашим исследованиям, наибольшее распространение на светло-каштановой почве получили первые три растительные ассоциации, особенно злаково-солянковая, на долю надземной части которой приходится 72,5% от общих запасов (24,34 т/га).

4. Основным поставщиком органической массы и питательных элементов в почву является подземная масса фитоценозов. Доля ее на светло-каштановой почве составляет 85,9%, на лугово-каштановой – 86,4, на солончаке типичном – 83,7% от всей накопленной ими массы.

5. В надземной фитомассе в бобовых растениях концентрация азота составила 1,8%, в разнотравье (полюны таврическая и Лерха) – соответственно 1,3 и 1,37%, в солянках (курай) – 1,28%, а в растениях из семейства мятликовых значительно меньше – 0,9%.

6. Максимальная концентрация азота отмечена в злаково-полюнной, полюнно-солянковой, разнотравно-солянковой и злаково-солянковой ассоциациях: соответственно 1,9; 1,97; 2,2 и 2,57%, что связано с преобладанием в них видов полюны Таврической и Лерха, солянки иберийской. В ассоциациях, где преобладают представители семейств злаковых, крестоцветных и гвоздичных, она снижается до 1,72–1,74%. Более высокие показатели ее получены на светло-каштановой почве – 1,82% от абсолютно сухой массы, на лугово-каштановой она снижалась до 1,75, на солончаке типичном – до 1,38%. Показатели ее в корневой массе растительных ассоциаций в 3,2 раза меньше, чем в надземной.

7. Запасы азота по блокам растительного вещества образуют следующий убывающий ряд: корни ≥ зеленая масса ≥ ветошь ≥ войлок. В корневой массе в среднем по растительным ассоциациям и типам почв содержится 85,3% от суммарной их величины, которая на светло-каштановой почве достигает 154,3 кг/га, на лугово-каштановой и солончаке типичном – меньше соответственно на 27,0 и 39,3%.

8. В приходной части баланса в светло-каштановой почве накапливается (кг/га) 171,6 азота, в лугово-каштановой – 63,1, в солончаке типичном автоморфном – 49,1, в расходной части – соответственно 171,9; 64,3 и 58,1 кг/га. Баланс его на первом типе почв складывается с минимальным (0,6 кг/га) минусовым показателем, в двух других – с дефицитом соответственно 1,2 и 9 кг/га.

БЛАГОДАРНОСТЬ

Исследования проведены при финансовой поддержке МСХ РФ по ЕГИСУ НИОКТР 1022040900563-6-4.1.4

ACKNOWLEDGMENT

The studies were carried out with the financial support of the Ministry of Agriculture of the Russian Federation according to EGISU NIOKTR 1022040900563-6-4.1.4

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гасанов Г.Н., Асварова Т.А., Гаджиев К.М., Ахмедова З.Н., Абдулаева А.С., Баширов Р.Р., Султанмахмедов М.С. Теоретически возможная и практически реализуемая по условиям влагообеспеченности и засоленности продуктивность светло-каштановой почвы Северо-Западного Прикаспия (на примере Кочубейской биосферной станции ПИБР ДНЦ РАН) // Юг России: экология, развитие. 2014. N 2. С. 130–138.
2. Залибеков З.Г., Биарсланов А.Б. О разнообразии почвенных ресурсов и их роли в создании продовольственной безопасности // Аридные экосистемы. 2016. Т. 22. N 2 (67). С. 5–15.
3. Гасанов Г.Н., Асварова Т.А., Гаджиев, К.М., Ахмедова З.Н., Абдулаева А.С., Баширов Р.Р. Зависимость урожайности пастбищных фитоценозов на различных типах почв Северо-Западного Прикаспия от экологического фактора и ФАР // Аридные экосистемы, 2017. Т. 3. N 2 (1). С. 24–28.
4. Кулик К.Н., Петров В.И., Рулев А.С., Кошелева О.Ю., Шинкаренко С.С. К 30-летию «Генеральной схемы по борьбе с опустыниванием Черных земель и Кизлярских пастбищ» // Аридные экосистемы. 2018. Т. 24. N 1 (74). С. 3–10.
5. Радочинская Л.П., Кладиев А.К., Рыбашлыкова Л.П. Продукционный потенциал восстановленных пастбищ Северо-Западного Прикаспия // Аридные экосистемы. 2019. Т. 25. N 1 (78). С. 61–68.
6. Джапова Р.Р. Динамика пастбищ и сенокосов Калмыкии. Элиста: Изд-во Калм. Ун-та, 2008. 176 с.
7. Усманов Р.З., Осипова С.В. Джалалова М.И., Бабаева М.А. Использование методов фитомелиорации на деградированных пастбищах Терско-Кумской низменности // Юг России: экология, развитие. 2008. N 3. С. 109–111.
8. Гасанов Г.Н., Асварова Т.А., Гаджиев К.М., Баширов Р.Р., Абдулаева А.С., Ахмедова З.Н., Салихов Ш.К. Видовой состав и продуктивность пастбищных фитоценозов Терско-Кумской низменности (на примере Кочубейской биосферной станции ПИБР ДНЦ РАН) // Растительные ресурсы. 2017. N 53 (4). С. 459–475.
9. Гасанова З.У., Загидова Р.М. Особенности формирования деградированных пастбищ на фоне климатических изменений в Западном Прикаспии // Живые и биокосные системы. 2017. N 20. С. 18–25.
10. Асварова Т.А., Гасанов Г.Н., Гаджиев К.М., Баширов Р.Р., Ахмедова З.Н., Абдулаева А.С. Баланс органического вещества и химических элементов в пастбищных фитоценозах Терско-Кумской равнины // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2017. Т. 19. N 2 (3). С. 412–415.
11. Гасанов Г.Н., Асварова Т.А., Гаджиев К.М., Баширов Р.Р., Ахмедова З.Н., Абдулаева А.С., Салихов Ш.К. Концентрация, транслокация и баланс фосфора в травяных экосистемах полупустынных ландшафтов Северо-Западного Прикаспия // Аридные экосистемы. 2019. N 2. С. 52–58. <https://doi.org/10.24411/1993-3916-2019-10054>
12. Гасанов Г.Н., Асварова Т.А., Гаджиев К.М., Баширов Р.Р., Абдулаева А.С., Ахмедова З.Н., Салихов Ш.К., Семенова В.В., Шайхалова Ж.О. Аккумуляция калия и кальция растительными ассоциациями пастбищных фитоценозов

- Терско-Кумской низменности // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. 2019. N 1. С. 46–56.
13. Гасанов Г.Н., Асварова Т.А., Гаджиев К.М., Баширов Р.Р., Ахмедова З.Н., Абдулаева А.С., Салихов Ш.К. Динамика химических элементов в блоках растительного вещества травяных экосистем Терско-Кумской низменности Прикаспия // Проблемы развития АПК. 2018. N 4. С. 39–45.
14. Асварова Т.А., Гасанов Г.Н., Гаджиев К.М., Баширов Р.Р., Ахмедова З.Н., Абдулаева А.С. Особенности накопления калия в надземной и подземной фитомассе в Терско-Кумской полупустыне Прикаспия // Известия Дагестанского государственного педагогического университета. Естественные и точные науки. 2017. N 11 (3). С. 35–40.
15. Гасанов Г.Н., Асварова Т.А., Гаджиев К.М., Абдулаева А.С., Салихов Ш.К. Баширов Р.Р. Динамика климатических условий Терско-Кумской низменности Прикаспия за последние 120 лет // Юг России: экология, развитие. 2013. Т. 8. N 4. С. 96–104.
16. Аринушкина Е. В. Химический анализ почв. М.: МГУ, 1970. С. 386–426.
17. Ягодин Б.А., Дерюгин И.П., Жуков Ю.П. и др. Практикум по агрохимии. М.: Агропромиздат, 1987. 275 с.
18. Титлянова А.А. Продуктивность травяных экосистем // Биологическая продуктивность травяных экосистем. Географические закономерности и экологические особенности / Под ред. В.Б. Ильина. Наука: Сиб. отд-е, 1988. С. 109–127.
19. Муртазалиев Р.А. Конспект флоры Дагестана. Т. I (Lycopodiaceae – Urticaceae). 320 с.; Т. II (Euphorbiaceae – Dipsacaceae). 248 с.; Т. III (Campanulaceae – Hippuridaceae). 304 с.; Т. IV (Melanthiaceae – Acoraceae). 232 с. / Отв. ред. чл.-корр. РАН Р.В. Камелин. Махачкала: Издательский дом «Эпоха». 2009.
20. Салманов А.Б. Агрохимическая характеристика почв, эффективность минеральных удобрений и перспективы их применения в условиях Дагестанской АССР // Всес. совещ. Госагрохимслужбы. Рига, 1970. С. 145–148.
21. Залибеков З.Г. Опыт экологического анализа почвенного покрова Дагестана. Махачкала, 1995. 146 с.
22. Баламирзоев М.А., Котенко М.Е. Экологические аспекты эволюции почв дельтовых районов Западного Прикаспия // Юг России: экология, развитие. 2009. N 4 (4). С. 200–204.
23. Мирзоев Э.М.-Р. Почвенно-мелиоративное районирование Северо-Дагестанской низменности // Тр. почвенного ин-та им. В.В. Докучаева. М., 1975. С. 63–73.
24. Саидов А.К. Опустынивание почв водно-аккумулятивных равнин аридных областей России на примере почв Кизлярских пастбищ Дагестана. Авт. дис. ... докт. биол. наук. Москва, 2009. 40 с.
25. Гасанов Г.Н., Абасов М.М., Мусаев М.Р., Аджиев А.М. и др. Научные основы повышения плодородия почв Западного Прикаспия. Махачкала: ДГСХА, 2005. 258 с.
26. Кулакова Н.Ю., Абатуров Б.Д. Элементы круговорота азота в ландшафтах Северного Прикаспия // Поволжский экологический журнал. 2010. N 2. С. 151–159.
27. Бобрицкая М.А. Поступление азота в почву с атмосферными осадками в различных зонах Европейской части СССР // Почвоведение. 1962. N 12. С. 5–61.
28. Кудеяров В.Н. Цикл азота в почве и эффективность удобрений. М.: Наука, 1989. 186 с.
29. Михайлов А.В., Лукьянов А.М., Быховец С.С., Припутина И.В. Влияние уровней выпадения азота и климатических изменений на различные способы ведения лесного хозяйства // Моделирование динамики органического вещества в лесных экосистемах. М.: Наука, 2007. 379 с.
30. Титлянова А.А. Бюджет элементов питания в экосистемах // Почвоведение. 2007. N 12. С. 1422–1429.
31. Трепачев Е.П. Агрохимические аспекты биологического азота в современном земледелии. М., 1999. 532 с.
32. Гасанов Г.Н., Абасов М.М., Мусаев М.Р. Абдурахманов Г.М. и др. Экологическое состояние и научные основы повышения плодородия засоленных и подверженных опустыниванию почв Западного Прикаспия. М.: Наука, 2006. 264 с.
33. Абатуров Б.Д. Критические параметры качества растительных кормов для сайгаков (*Saiga tatarica*) на естественном пастбище в полупустыне // Зоологический журнал. 1999. Т. 78. N 8. С. 999–1010.
34. Василенко Р.Н. Значение многолетних трав в системе земледелия // AgroOne. 2017. N 23. С. 23–25.
35. Сиземская М.Л. Современная природно-антропогенная трансформация почв полупустыни Северного Прикаспия. М.: КМК, 2013. 276 с.
36. Кулакова Н.Ю. Распределение запасов углерода и азота в лугово-каштановых почвах Северного Прикаспия в естественных степных растительных сообществах и в лесных насаждениях // Вестник ВГУ, серия: география, геоэкология. 2014. N 1. С. 47–52.
37. Сафиоллин Ф.Н. Продуктивность орошаемых сенокосов в поймах малых рек среднего Поволжья в зависимости от типа травостоя и режима азотного питания. М., 1984. 20 с.

REFERENCES

- Gasanov G.N., Asvarova T.A., K.M. Gadzhiev, Akhmedova Z.N., Abdulayeva A.S., Bashirov R.R., Sultanakhmedov M.S. Theoretically possible and practically realized under the conditions of moisture supply and salinity productivity of light chestnut soil of the North-Western Precaspian (on the example of the Kochubey biosphere station of the PIBR DNC RAS). *Yug Rossii: ekologiya, razvitie* [South of Russia: ecology, development]. 2014, no. 2, pp. 130–138. (In Russian)
- Zalibekov Z.G., Biarslanov A.B. On the diversity of soil resources and their Role in creating food security. *Aridnye ekosistemy* [Arid ecosystems]. 2016, vol. 22, no. 2 (67), pp. 5–15. (In Russian)
- Gasanov G.N., Asvarova T.A., Gadzhiev K.M., Akhmedova Z.N., Abdulayeva A.S., Bashirov R.R. Dependence of pasture phytocenosis yield on various types of soils in the North-Western Precaspian on the ecological factor and FAR. *Aridnye ekosistemy* [Arid ecosystems]. 2017, vol. 3, no. 2 (1), pp. 24–28. (In Russian)
- Kulik K.N., Petrov V.I., Rulev A.S., Kosheleva O.Yu., Shinkarenko S.S. on the 30th anniversary of the "General scheme for combating desertification of black lands and Kizlyar pastures". *Aridnye ekosistemy* [Arid ecosystems]. 2018, vol. 24, no. 1 (74), pp. 3–10. (In Russian)
- Radochinskaya L.P., Kladiev A.K., Rybashlykova L.P. Productive potential of restored pastures of the North-Western Precaspian. *Aridnye ekosistemy* [Arid ecosystems]. 2019, vol. 25, no. 1 (78), pp. 61–68. (In Russian)
- Dzhapova R.R. *Dinamika pastbishch i senokosov Kalmykii* [Dynamics of pastures and haymaking in Kalmykia]. Elista, Kalmykia Publ., 2008, 176 p. (In Russian)
- Usmanov R.Z., Osipova S.V., Jalalova M.I., Babaeva M.A. Use of phytomelioration methods on degraded pastures of the Terek-Kuma lowland. *Yug Rossii: ekologiya, razvitie* [South of Russia: ecology and development]. 2008, no. 3, pp. 109–111. (In Russian)
- Gasanov G.N., Asvarova T.A., Gadzhiev K.M., Bashirov R.R., Abdulayeva A.S., Akhmedova Z.N., Salikhov Sh. K. Species composition and productivity of pasture phytocenoses of the Terek-Kuma lowland (on the example of the Kochubey biosphere station of the PIBR DNC RAS). *Rastitel'nye resursy* [Plant resources]. 2017, no. 53 (4), pp. 459–475. (In Russian)

9. Gasanova Z.U., Zagidova R.M. Features of formation of degraded pastures against the background of climate changes in the Western Precaspian. Zhivye i biokosnye sistemy [Living and biokosnye systems]. 2017, no. 20, pp. 18–25. (In Russian)
10. Asvarova T.A., Gasanov G.N., Gadzhiev K.M., Bashirov R.R., Akhmedova Z.N., Abdulayeva A.S. Balance of organic matter and chemical elements in pasture phytocenoses of the Terek-Kuma plain. Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiiskoi akademii nauk [Proceedings of the Samara scientific center of the Russian Academy of Sciences]. 2017, vol. 19, no. 2 (3), pp. 412–415. (In Russian)
11. Gasanov G.N., Asvarova T.A., Gadzhiev K.M., Bashirov R.R., Akhmedova Z.N., Abdulayeva A.S., Salikhov Sh.K. Concentration, translocation and balance of phosphorus in grass ecosystems of semi-desert landscapes of the North-Western Precaspian. *Arid ecosystems*, 2019, no. 2, pp. 52–58. (In Russian) <https://doi.org/10.24411/1993-3916-2019-10054>
12. Gasanov G.N., Asvarova T.A., Gadzhiev K.M., Bashirov R.R., Abdulaeva A.S., Akhmedova Z.N., Salikhov Sh.K., Semenova V.V., Shaychalova J.O. Accumulation of potassium and calcium in plant associations of grassland plant communities of Terek-Kuma lowland. Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Severo-Kavkazskii region [News of higher educational institutions. North Caucasus region]. 2019, no. 1, pp. 46–56. (In Russian)
13. Gasanov G.N., Asvarova T.A., Gadzhiev K.M., Bashirov R.R., Akhmedova Z.N., Abdulayeva A.S., Salikhov Sh.K. Dynamics of chemical elements in blocks of plant matter in grass ecosystems of the Terek-Kuma lowland of the Precaspian. Problemy razvitiya APK [Problems of agro-industrial complex development]. 2018, no. 4, pp. 39–45. (In Russian)
14. Asvarova T.A., Hasanov G.N., Gadzhiev K.M., Bashirov R.R., Akhmedova Z.N., Abdulayeva A.S. Features of potassium accumulation in aboveground and underground phytomass in the Tersk-Kum semi-desert Of the Caspian sea. Izvestiya Dagestanskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta. Estestvennye i tochnye nauki [News of Dagestan State Pedagogical University. Natural and exact sciences]. 2017, no. 11 (3), pp. 35–40. (In Russian)
15. Gasanov G.N., Asvarova T.A., Gadzhiev K.M., Abdulayeva A.S., Akhmedova Z.N., Salikhov Sh.K., Bashirov R.R. Dynamics of climatic conditions of the Terek-Kuma lowland of the Precaspian over the past 120 years. Yug Rossii: ekologiya, razvitie [South of Russia: ecology and development]. 2013, vol. 8, no. 4, pp. 96–104. (In Russian)
16. Arinushkina E.V. *Khimicheskii analiz pochv* [Chemical analysis of soils]. Moscow, MSU Publ., 1970, pp. 386–426. (In Russian)
17. Yagodin B.A., Deryugin I.P., Zhukov Yu.P. et al. *Praktikum po agrokhimii* [Practicum on Agrochemistry]. Moscow, Agropromizdat Publ., 1987, 275 p. (In Russian)
18. Titlyanova A.A. Productivity of grass ecosystems. *Biologicheskaya produktivnost' travyanykh ekosistem. Geograficheskie zakonomernosti i ekologicheskie osobennosti* [Biological productivity of grass ecosystems. Geographical patterns and environmental features]. Nauka Publ., 1988, pp. 109–127. (In Russian)
19. Murtazaliev R.A. Synopsis of the flora of Dagestan, vol. I (Licopodiaceae – Urticaceae), 320 p.; vol. II (Euphorbiaceae – Dipsacaceae), 248 p.; vol. III (Campanulaceae – Hippuridaceae), 304 p.; vol. IV (Melanthiaceae – Acoraceae), 232 p. Makhachkala, Epoch Publ., 2009. (In Russian)
20. Salmanov A.B. Agrokhimicheskaya kharakteristika pochv, effektivnost' mineral'nykh udobrenii i perspektivy ikh primeneniya v usloviyakh Dagestanskoi ASSR [Agrochemical characteristics of soils, the effectiveness of mineral fertilizers and prospects for their use in the conditions of the Dagestan ASSR]. *Vsesoyuznoe soveshchanie Gosagrokhimsluzhby, Riga, 1970* [All-Union meeting of the State Agrochemical Service, Riga, 1970]. Riga, 1970, pp. 145–148. (In Russian)
21. Zalibekov Z.G. *Opyt ekologicheskogo analiza pochvennogo pokrova Dagestana* [Experience of ecological analysis of the soil cover of Dagestan]. Makhachkala, 1995, 146 p. (In Russian)
22. Balamirzoev M.A., Kotenko M.E. Ecological aspects of soil evolution in the Delta regions of the Western Caspian sea. Yug Rossii: ekologiya, razvitie [South of Russia: ecology, development]. 2009, no. 4 (4), pp. 200–204. (In Russian)
23. Mirzoev E.M.-R. Soil-reclamation zoning of the North Dagestan lowland. In: *Trudy pochvennogo instituta im. V.V. Dokuchaeva* [Proceedings of the V.V. Dokuchaev Soil Institute]. Moscow, 1975, pp. 63–73. (In Russian)
24. Saidov A.K. *Opustynivanie pochv vodno-akkumulyativnykh ravnin aridnykh oblastei Rossii na primere pochv Kizlyarskikh pastbishch Dagestana. Avt. Diss.dokt. boil. nauk* [Desertification of soils of water-accumulative plains of arid regions of Russia on the example of soils of Kizlyar pastures of Dagestan. Auth. Dis. Doc. Biol. Sciences]. Moscow, 2009, 40 p. (In Russian)
25. Gasanov G.N., Abasov M.M., Musaev M.R., Adzhiev A.M., et al. *Nauchnye osnovy povysheniya plodorodiya pochv Zapadnogo Prikaspiya* [Scientific bases of increasing soil fertility in the Western Precaspian]. Makhachkala, DGSSA Publ., 2005, 25 p. (In Russian)
26. Kulakova N.Yu., Abaturov B.D. Elements of the nitrogen cycle in the landscapes of the Northern Precaspian. Povolzhskii ekologicheskii zhurnal [Volga ecological journal]. 2010, no. 2, pp. 151–159. (In Russian)
27. Bobritskaya M.A. Nitrogen supply to the soil with atmospheric precipitation in various zones of the European part of the USSR. *Pochvovedenie* [Pedology]. 1962, no. 12, pp. 5–61. (In Russian)
28. Kudeyarov V.N. *Tsikl azota v pochve i effektivnost' udobrenii* [Nitrogen cycle in soil and fertilizer efficiency]. Moscow, Nauka Publ., 1989, 186 p. (In Russian)
29. Mikhailov A.V., Lukyanov A.M., Bykhovets S.S., Pripulina I.V. Influence of nitrogen deposition levels and climate changes on various methods of forest management. *Modelirovanie dinamiki organicheskogo veshchestva v lesnykh ekosistemakh* [Modeling the dynamics of organic matter in forest ecosystems]. Moscow, Nauka Publ., 2007, 379 p. (In Russian)
30. Titlyanova A.A. Budget of food elements in ecosystems. *Pochvovedenie* [Pedology]. 2007, no. 12, pp. 1422–1429. (In Russian)
31. Trepachev E.P. *Agrokhimicheskie aspekty biologicheskogo azota v sovremennom zemledelii* [Agrochemical aspects of biological nitrogen in modern agriculture]. Moscow, 1999, 532 p. (In Russian)
32. Gasanov G.N., Abasov M.M., Musaev M.R., Abdurakhmanov G.M., et al. *Ekologicheskoe sostoyanie i nauchnye osnovy povysheniya plodorodiya zasolennykh i podverzhennykh opustynivaniyu pochv Zapadnogo Prikaspiya* [Ecological state and scientific bases of increasing the fertility of saline and desertification-prone soils of the Western Caspian region]. Moscow, Nauka Publ., 2006, 264 p. (In Russian)
33. Abaturov B.D. Critical parameters of the quality of plant feed for Saiga (Saiga tatarica) on a natural pasture in a semi-desert. *Zoologicheskii zhurnal* [Zoological journal]. 1999, vol. 78, no. 8, pp. 999–1010. (In Russian)
34. Vasilenko R.N. The value of perennial grasses in the system of agriculture. *AgroOne* [AgroOne]. 2017, no. 23, pp. 23–25. (In Russian)
35. Sizemskaya M.L. *Sovremennaya prirodno-antropogennaya transformatsiya pochv polupustyni Severnogo Prikaspiya* [Modern natural and anthropogenic transformation of soils in the semidesert of the Northern Precaspian]. Moscow, KMK Publ., 2013, 276 p. (In Russian)
36. Kulakova N.Yu. Distribution of carbon and nitrogen reserves in meadow-chestnut soils of the Northern Precaspian in natural steppe plant communities and forest plantations.

Vestnik VGU, Seriya: Geografiya, geoeкологиya [Vestnik VSU, Series: Geography, geoeecology]. 2014, no. 1, pp. 47–52. (In Russian)

37. Safiollin F.N. *Produktivnost' oroshaemykh senokosov v poimakh malykh rek srednego povolzh'ya v zavisimosti ot tipa*

travostoya i rezhima azotnogo pitaniya [Productivity of irrigated hayfields in the floodplains of small rivers of the middle Volga region depending on the type of grass and nitrogen Nutrition regime]. Moscow, 1984, 20 p. (In Russian)

КРИТЕРИИ АВТОРСТВА

Гасан Н. Гасанов и Татьяна А. Асварова приняли участие в написании работы и в разработке ее концепции. Камиль М. Гаджиев, Рашид Р. Баширов, Айшат С. Абдулаева и Кабират Б. Гимбатова приняли участие в сборе материала, в анализе и интерпретации. Раджаб З. Усманов, Мурат А. Арсланов и Магомед Р. Мусаев приняли участие в сборе материала, интерпретации и корректуре статьи. Все авторы в равной степени участвовали в написании рукописи и несут ответственность при обнаружении плагиата, самоплагиата или других неэтических проблем.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

AUTHOR CONTRIBUTIONS

Gasan N. Gasanov and Tatyana A. Asvarova participated in the development of its concept and the writing of the work. Kamil M. Gadzhiev, Rashid R. Bashirov, Aishat S. Abdulaeva and Kabirat B. Gimbatova participated in the collection of material, in analysis and interpretation. Rajab Z. Usmanov, Murat A. Arslanov and Magomed R. Musaev participated in the collection the material, and interpretation and proofreading of the article. All authors are equally participated in the writing of the manuscript and are responsible for plagiarism, self-plagiarism and other ethical transgressions.

NO CONFLICT OF INTEREST DECLARATION

The authors declare no conflict of interest.

ORCID

Гасан Н. Гасанов / Gasan N. Gasanov <http://orcid.org/0000-0002-6181-5196>

Татьяна А. Асварова / Tatyana A. Asvarova <http://orcid.org/0000-0002-5285-9250>

Камиль М. Гаджиев / Kamil M. Gadzhiev <http://orcid.org/0000-0003-1150-9593>

Раджаб З. Усманов / Rajab Z. Usmanov <http://orcid.org/0000-0002-4046-5991>

Мурат А. Арсланов / Murat A. Arslanov <http://orcid.org/0000-0002-3461-3564>

Магомед Р. Мусаев / Magomed R. Musaev <http://orcid.org/0000-0002-4467-5568>

Рашид Р. Баширов / Rashid R. Bashirov <http://orcid.org/0000-0002-6331-2592>

Кабират Б. Гимбатова / Kabirat B. Gimbatova <http://orcid.org/0000-0002-7516-0901>

Айшат С. Абдулаева / Aishat S. Abdulaeva <http://orcid.org/0000-0001-9056-1909>